Dalla pianta al volume: transizioni e trasformazioni geometriche del cerchio nell'architettura di Mario Botta

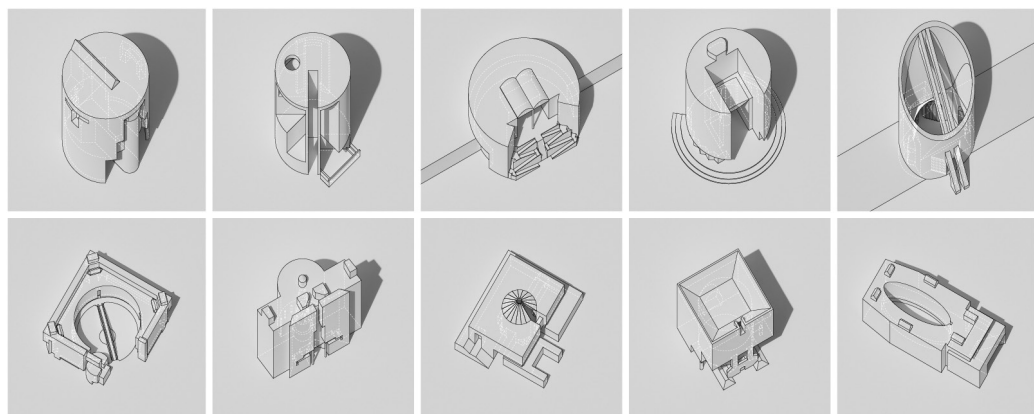
Francesca Ronco
Enrico Pupi

Abstract

L'uso di figure regolari e solidi elementari caratterizza la proficua carriera dell'architetto svizzero Mario Botta che comprende 93 opere costruite dagli anni '60 del secolo scorso ad oggi.
Il *paper* analizza dieci lavori di questa importante produzione, accomunati dalla presenza di un unico volume principale e nei quali la figura del cerchio si ritrova come figura generatrice di volumi positivi (solidi di base, edifici del gruppo A) o negativi (solidi di sottrazione, edifici del gruppo B). L'obiettivo principale della ricerca è quello di analizzare il processo di trasformazione della forma, dal suo impianto alle operazioni di sottrazione, unione, giustapposizione, raccordo e taglio che contribuiscono alla composizione architettonica finale. Il lavoro include opere con diverse destinazioni d'uso (due case monofamiliari, un edificio per abitazioni, due edifici per uffici, un museo, una mediateca, due chiese ed un hotel) realizzate tra gli anni '80 ed i primi anni 2000.
Il ridisegno e la modellazione geometrica di queste architetture ha consentito di stabilire delle connessioni tra le operazioni geometriche e gli aspetti compositivo/funzionali, tra i quali emergono l'illuminazione naturale interna ed il rapporto con il contesto.

Parole chiave
Mario Botta, geometria, analisi geometrica, cerchio, trasformazioni

(a, b, c) Abitazioni a Stabio, Losone, Novazzano (CH); (d) Centro cinque continenti, Lugano (CH); (e) Chiesa S. G. Battista, Mogno (CH); (f) Centro direzionale Swisscom, Bellinzona (CH); (g) Mediateca, Villeurbanne (FR); (h) MART, Rovereto (IT); (i) Chiesa S. P. Apostolo, Sartirana (IT); (l) Hotel Twelve, Shanghai (CN). Modelli 3D di E. Pupi.

doi.org/10.3280/oa-1016-c389

Introduzione

La geometria rappresenta una chiave di analisi della composizione architettonica e nel caso di architetti, come Mario Botta, un naturale spunto di lettura della sua produzione, basata su figure regolari, volumi elementari ed assi di simmetria.
Questo lavoro fa parte di un progetto più ampio di analisi complessiva della produzione architettonica di Botta (93 opere dal 1959 al 2017), focalizzata sull'individuazione delle matrici geometriche generative e sulle operazioni su di esse applicate. Nello specifico, vengono qui presentati i lavori caratterizzati dalla presenza del cerchio, sia esso la base generativa del volume principale che la matrice dei volumi di trasformazione che lo modificano.

Geometria per la costruzione dell'architettura

Diversi maestri del Novecento hanno posto l'accento sul ruolo della geometria nella composizione architettonica e nell'organizzazione dello spazio costruito.
"La geometria è lo strumento con il quale noi delimitiamo, tagliamo, precisiamo, formiamo lo spazio, che è il materiale di base per l'architettura. La geometria interessa l'architetto come scienza base per lo studio e la costruzione delle strutture formali" [Quaroni 1993, p.19].
La geometria è dunque per l'architetto uno strumento indispensabile nel trattamento delle forme che rientrano nella composizione degli spazi. Vittorio Gregotti colloca la geometria, oltre ad altre discipline scientifiche, all'interno dell'iter progettuale sia come modello per indagare la realtà, sia come "materia preminente da formare in mezzo alle cose del mondo" [Gregotti 1966, p. 61].
In questo ambito, ci interessa analizzare la geometria come forma di conoscenza per analizzare sia il contesto e la sua morfologia, che i frutti della storia e della cultura umana, come l'architettura e come strumento di progettazione.
Diversi studiosi hanno proposto ricerche in questo campo, analizzando il rapporto tra geometria e architettura dalle origini ad oggi. Ajmera [Ajmera 2020] sviluppa il concetto di geometria come linguaggio, analizzandone la grammatica e quindi tutti gli elementi (punto, linea, piano, volume, forma) e le regole generatrici delle forme (proporzioni, organizzazione, circolazione, forma e spazio). Altri studiosi [Bellone et al. 2017, pp. 623-630] hanno analizzato i diversi tipi di geometria (euclidea, proiettiva e non-euclidea) maggiormente utilizzati nel campo della progettazione architettonica ed altri ancora hanno approfondito i legami tra geometria, matematica, filosofia e simbolismo [Bellone et al. 2019, pp. 109-118], analizzando nello specifico la figura del cerchio [Williams 1999, pp. 173-184], sulla quale si focalizza questo lavoro.
Riferimenti particolarmente interessanti sono gli studi dedicati alla ricerca di repertori di forme bidimensionali o tridimensionali e delle regole che ne stabiliscono le relazioni in architetture contemporanee esistenti, o anche solo disegnate/progettate. Portiamo ad esempio gli studi su architetture ed oggetti di design nelle opere di Aldo Rossi, Michael Graves, Mario Botta e Alessandro Mendini [Spallone et al. 2009], quelli sulle architetture di Frank Lloyd Wright e Le Corbusier [Ostwald et al. 2008, pp. 217-231]; sulle architetture di Anne Tyng e Luis Khan [Càndito & Meloni 2022, pp. 463-480, Càndito 2022, pp. 267-276]; su Zvi Hecker [Ardizzola, Palestini 2022, pp. 1239-1360] e primi fra tutti sulle architetture di Le Corbusier e Mario Botta [Psarra 1999], che costituiscono il principale riferimento di questa analisi.

Il metodo di analisi

L'uso di figure regolari e solidi elementari, assume un valore emblematico nella produzione architettonica di Botta, il cui lavoro è volto al continuo affinamento di un repertorio di forme semplici, elementari. La sua architettura è caratterizzata da un patrimonio codificato di segni ricorrenti, di archetipi collaudati che, anche se continuamente trasformati e plasmati, rimangono direttrici costanti e sempre visibili della sua produzione [Baraldi, Fiorucci 1993, pp. 20-33].

Il criterio metodologico di Botta consiste nella trasformazione geometrica di figure piane (il triangolo, il cerchio, il quadrato) attraverso la sottrazione di parti, accostamenti ed unioni con altre figure geometriche. Il processo di Botta è di tipo scultoreo, egli "esplora l'ignoto" intaccando la stabilità del volume primario con una serie di trasformazioni che alterano l'ordine prestabilito [Botta 2000, p. 30].
Partendo da questi assunti, è stato avviato uno studio volto all'individuazione di tali figure ed operazioni geometriche all'interno di tutta la sua produzione architettonica, per comprendere a fondo le regole che sottendono la forma costruita.
Il metodo di lavoro della presente ricerca consiste nella redazione di una tabella analitica che consente di avere un quadro di insieme e dotarsi di diverse chiavi di lettura della produzione architettonica bottiana (fig. 1).

	1_building data						2_generative phase			3_transformative phase						
			timing		metric data											
	work	site	design year	construction year	usable area [sq. m]	volume [cu]	n. of entities	plane figure in plan	solid	function of space	n. of solids	plane figure	solid	boolean operator	transformation operator	cut/section
	LIVING SPACES															
1	Single-family House	Stabio (Switzerland)	1980	1980 - 1981	295	1.400	1	circle	cylinder	entrance	1	rectangle	parallelepiped	subtraction	-	-
										staircase	1	union: rectangle +semi-circle	union: parallelepiped +semi-cylinder	union	loft	
										skylight	1	triangle	polyhedron with triangular base	juxtaposition	-	
2	Single-family House	Losone (Switzerland)	1987	1988 - 1989	220	960	1	circle	cylinder	terraces and lodges	5	sector of a cricle	portion of cylinder	subtraction	rotation	-
										entrance	1	rectangle	parallelepiped	subtraction	-	
										skylight	1	circle	cylinder	subtraction	-	
										external stairs	1	trapezoid	parallelepiped	juxtaposition		
	COLLECTIVE LIVING SPACES															
3	Home for the elderly	Novazzano (Switzerland)	1992	1995 - 1997	3.271	16.557	1	circle	cylinder	entrance	1	sector of circle	portion of cylinder	subtraction	-	-
										pilotis floor	1	portion of ring	portion of cylinder	subtraction	-	-
										common spaces	1	rectangle	parallelepiped	subtraction	-	-
										skylight	2	segment of a circle	portion of cylinder	juxtaposition	-	-
	WORKING SPACES															
4	Five continents center	Lugano (Switzerland)	1986	1989 - 1992	4.300	13.000	1	circle	cylinder	square	1	rectangle	parallelepiped	subtraction	-	-
										pilotis floor	1	portion of ring	portion of cylinder	subtraction	-	-
										tecnical space	1	polyline	parallelepiped	union	-	-
										staircase	1	circle	cylinder	juxtaposition	-	-
										corridors	3	rectangle	parallelepiped	juxtaposition	-	-
										roof	1	segment of a circle	straight prism	juxtaposition	axial symmetry	-
5	Swisscom Center	Bellinzona (Switzerland)	1988	1992 - 1998	27.800	125.100	1	square	parallelepiped	courtyard	1	circle	cylinder	subtraction	central symmetry	-
										entrance to the courtyard	1	square	parallelepiped	subtraction	radial	-
										terraces	1	square with cut corner	parallelepiped	subtraction	central symmetry	-
										lecture hall, restaurant and cafeteria	1	union of rectangles and sector of circles	union of parallelepipeds and sector of cylinder	juxtaposition	-	-
										stairs	1	rectangle	parallelepiped	juxtaposition	-	-
										access bridge	1	arch	3D arch	juxtaposition	-	-
	LEISURE															
6	Hotel Twelve	Shanghai (PRC)	2006	2008 - 2012	51100	-	1	polyline	parallelepiped	entrance	1	rectangle	parallelepiped	union	-	
										entrance	1	trapezoid	parallelepiped	subtraction	-	-
										inner courtyard	1	ellipse	cylinder	subtraction	-	cut
										restaurant	1	rectangle	parallelepiped	juxtaposition	-	-
										private gazebo	4	pentagon	parallelepiped	juxtaposition	-	-
	LIBRARIES															
7	Library in Villeurbanne	Villeurbanne (France)	1984	1985 - 1988	5.400	5.580	1	rectangle	parallelepiped	library	1	semi-circle	semi-cylinder	union	-	-
										shaft of light	1	circle	truncated cone	subtraction		
										stairway	2	trapezoid	parallelepiped	union		
										stairway	1	trapezoid	parallelepiped	union		
										window	1	union of rectangles	parallelepiped	subtraction		
	MUSEUMS															
8	MART Museum	Rovereto (Italy)	1988 - 1992	1996 - 2002	29	20.800	1	rectangle	parallelepiped	inner courtyard	1	circle	cylinder	subtraction	-	-
										entrance to the courtyard	1	rectangle	parallelogram	subtraction	-	-
										circulation galleries	2	rectangle	parallelogram	union	-	-
										roof of the courtyard	1	circle	truncated cone	juxtaposition	-	-
	SACRED SPACES															
9	San Giovanni Battista Church	Mogno (Switzerland)	1986 - 1992	1990 - 1996	123	1.590	1	ellypse	cylinder	main space	1	rectangle	parallelepiped with rectangular plan	subtraction	loft	cutting plane at 45° to obtain a circle
										entrance and apse	1	square	parallelepiped with square base	subtraction		
										niche	2	intersected circles	2 intersected cylinders	subtraction		
										apse	1	rectangle	parallelepiped	union		
										rampant arch	1	arch	3D arch	juxtaposition	-	-
10	Church San Pietro Apostolo	Sartirana (Italy)	1987 - 1992	1992 - 1995	620	9.800	1	square	cube	hall	1	circle	cylinder	subtraction/ interpenetration	-	-
										entrance	1	rectangle	parallelepiped	subtraction	-	-
										stairs	2	trapezoid	parallelepiped	juxtaposition	-	-
										pilotis	2	circle	cylinder	juxtaposition	-	-
										roof	1	square	parallelepiped	juxtaposition	loft	-

Fig. 1. Tabella comparativa degli edifici generati o trasformati dal cerchio. Elaborazione F. Ronco.

La tabella, oltre ai dati cronologici e dimensionali dell'edificio, riporta due macro-colonne dedicate all'analisi geometrica del manufatto: le figure piane ed i solidi generatori (colonna 2) e quelli trasformatori/modificatori e le relative operazioni (colonna 3).
È interessante osservare come la figura del cerchio, o dell'ellisse (intesa come sua trasformazione omologica) compaia in edifici con diverse funzioni e possa essere individuata nella fase di generazione, quindi come base del solido di estrusione principale (edifici del gruppo A) o nella fase di trasformazione/modifica, quindi come base del solido trasformatore (edifici del gruppo B). Botta sostiene come il primo atto di fare architettura non sia quello di mettere pietra su pietra, ma quello di mettere pietra sulla terra [Botta 2003, pp. 77-80]. Il disegno della pianta è quindi un momento centrale della composizione, essa definisce il volume; la sezione e l'alzato sono "conseguenze necessarie" [Trevisol 1982, p. 98].
La monografia *Mario Botta. Architetture 1960-2010* [Pellandini 2010] che raccoglie le opere di tutta la carriera dell'architetto fino al 2010, contiene un paragrafo dedicato alla figura del cerchio nella storia dell'architettura e nella sua produzione architettonica. L'autore, Andrea Cappellato, parte dalla definizione del cerchio dal punto di vista matematico, cioè "come quella parte di piano delimitata da una linea curva chiusa detta circonferenza, intesa come luogo geometrico dei punti di un piano equidistanti da un punto fisso detto centro", cioè come un poligono con un numero infinito di lati [Pellandini 2010, pp. 148-158].
La forma 'rotonda' è legata sicuramente a molte componenti schematiche, simboliche e volumetriche che si manifestano all'interno dei disegni di Botta. Egli sostiene che "la forma circolare è una forma straordinariamente forte e facilmente leggibile, dal punto di vista geometrico è l'unica che con il perimetro minore racchiude la maggiore superficie possibile" [Pellandini 2010, p.148].

Casi studio: modellazione e interpretazione

La ricerca si è concentrata, per chiarezza di trattazione, su edifici costituiti da un unico volume iniziale, rappresentativi del *modus operandi* di Botta e caratterizzati da diverse operazioni. Sono state individuate: operazioni di sottrazione (rosso), unioni booleane (blu), giustapposizioni (azzurro), raccordi (verde) e tagli (giallo), che rappresentano un progressivo affinamento morfologico dell'architettura.
In continuità con i disegni di Botta, tutti gli schemi sono stati elaborati in assonometria monometrica, scelta che consente di avere piante indeformate ed esplicitare la figura del cerchio.
Tutti gli edifici rientranti nel gruppo A sono caratterizzati dal cerchio, o da una sua trasformazione omologica (ellisse), come figura generativa del volume cilindrico.
Nel caso della casa unifamiliare a Stabio (fig. 2) il cerchio, utilizzato per annullare la facciata, sottende al volume cilindrico che dona autonomia all'edificio e gli consente di isolarsi dal contesto [Pellandini 2010, p. 153]. Diversi volumi vengono sottratti al cilindro lungo la sua superficie laterale. Il volume del vano scala, composto dall'unione di un rettangolo ed un cerchio, viene aggiunto e raccordato con il perimetro circolare in copertura. Qui, in corrispondenza della sottrazione operata per consentire l'ingresso della luce zenitale, viene giustapposto un prisma triangolare con funzione di lucernario. Nella casa unifamiliare di Losone (fig. 3) l'architetto effettua operazioni analoghe. I volumi sottratti derivano in larga misura dall'estrusione di settori di cerchio che generano una serie di terrazze interne digradanti. Un parallelepipedo ed un cilindro vengono a loro volta sottratti al cilindro principale per formare, rispettivamente, un taglio di luce in corrispondenza dell'entrata ed un lucernario in copertura. Viene infine giustapposta una rampa di scale per raccordare l'accesso all'edificio con il terreno esterno.
Su edifici di scala più grande, come la casa per anziani a Novazzano (fig. 4) ed il centro cinque continenti a Lugano (fig. 5), le sottrazioni di volumi diminuiscono di numero, ma si fanno più importanti in termini di rapporto pieno-vuoto. In entrambi i casi Botta effettua una prima sottrazione per fare entrare la città nell'edificio, stabilendo un rapporto di dialogo e non di chiusura, come avveniva per le case unifamiliari [Pellandini 2010, p. 154].
A Novazzano questo volume è un settore di cilindro, mentre a Lugano è un parallelepipedo. Le altre sottrazioni sono invece quelle che sanciscono il rapporto tra il volume e la terra, caratterizzate

in entrambi i casi da porzioni di cilindro a base di corona di cerchio. Infine si può notare la giustapposizione di volumi di raccordo tra il volume principale ed il terreno circostante ed a copertura della corte centrale.
Nella chiesa di San Giovanni Battista a Mogno (fig. 6) Botta imposta il volume principale su una base ellittica che può essere letta come trasformazione omologica del cerchio. Anche qui il processo trasformativo del solido principale inizia con la sottrazione di un volume parallelepipedo, per proseguire con una serie di sottrazioni minori che vanno a definire gli ingressi allo spazio principale, le nicchie e l'abside, ricavato dall'unione di un volume parallelepipedo ipogeo. Il perimetro rettangolare interno, ottenuto dalla prima sottrazione, si raccorda al perimetro sommitale ellittico tramite un'operazione di raccordo (*loft*). Il volume subisce un'altra trasformazione caratterizzante, che consiste nel taglio con un piano inclinato a 45° in modo da ottenere un cerchio in copertura. La giustapposizione di un arco rampante di sostegno tra terreno e copertura completa l'assetto compositivo.

Fig. 2. Casa unifamiliare, Stabio, Svizzera - Gruppo A, 1980-1981. Modelli 3D di E. Pupi.

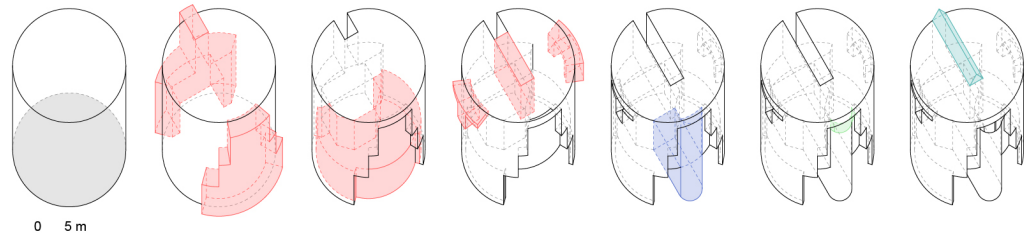



Fig. 3. Casa unifamiliare, Losone, Svizzera - Gruppo A, 1987-1989. Modelli 3D di E. Pupi.

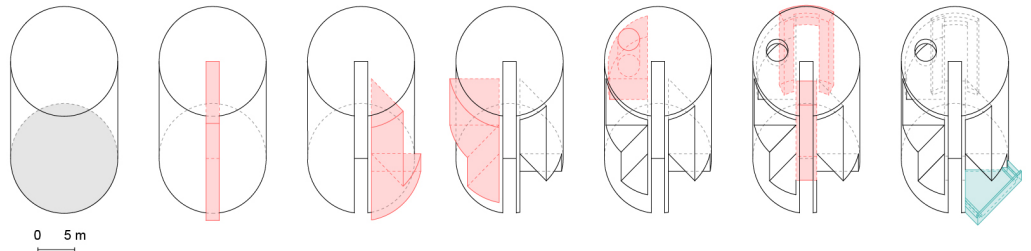



Fig. 4. Casa anziani, Novazzano, Svizzera - Gruppo A, 1992-1997. Modelli 3D di E. Pupi.

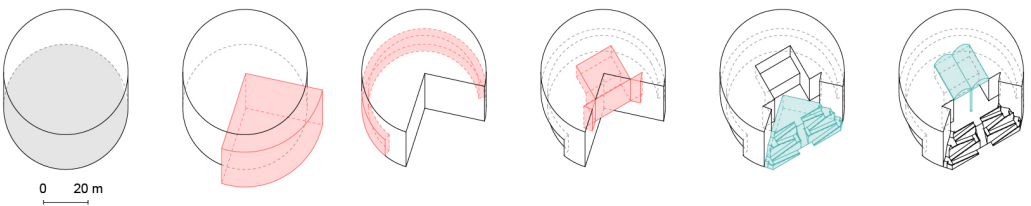



Fig. 5. Centro cinque continenti, Lugano, Svizzera - Gruppo A, 1986-1992. Modelli 3D di E. Pupi.

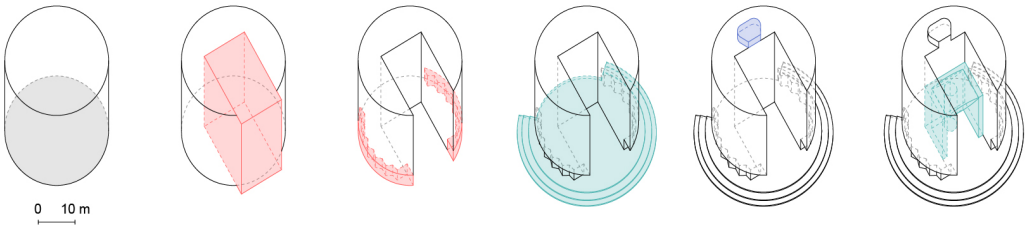
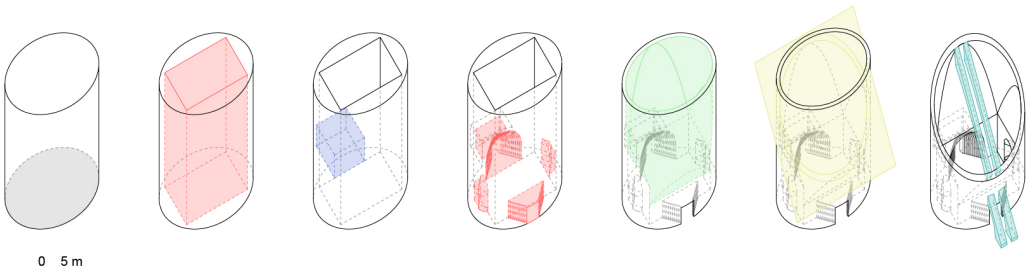



Fig. 6. Chiesa San Giovanni Battista, Mogno, Svizzera - Gruppo A, 1986-1896. Modelli 3D di E. Pupi.

L'altro uso della figura del cerchio (gruppo B) è quello generativo di volumi che operano su un solido elementare, volumi che possono diventare negativi quando si tratta di operazioni di sottrazione o positivi nel caso in cui vi sia un'unione o una giustapposizione.
Nel caso del Centro Swisscom a Bellinzona (fig. 7) Botta opera sul volume parallelepipedo con un cilindro, definendo al suo interno una grande piazza circolare, resa accessibile da un'ulteriore operazione di apertura nei confronti della città. Le operazioni di sottrazione booleana sono strumentali sia nella definizione del profilo interno curvilineo del vuoto centrale, sia nel raffinamento delle soluzioni d'angolo adottate. L'architetto giustappone inoltre un volume destinato alle funzioni pubbliche in prossimità della manica d'ingresso, oltre a un ponte d'accesso ad arco, in senso diagonale.
Nella mediateca a Villeurbanne (fig. 8) il cerchio si ritrova, dimezzato, a base del volume cilindrico unito al parallelepipedo di partenza contenente le sale della biblioteca, e completo, come base dei volumi cilindrici negativi e concentrici, il cui diametro decresce in concomitanza dell'aumentare della quota. Le ulteriori operazioni di unione sono pensate per inserire all'interno dell'edificio i necessari spazi atti a ospitare i collegamenti verticali in prossimità delle preesistenze limitrofe e sul fronte principale dell'edificio.
Nel museo d'arte moderna e contemporanea a Rovereto (fig. 9) il cerchio viene usato dall'architetto per ricavare all'interno del parallelepipedo un grande vuoto cilindrico tramite una sottrazione booleana, che dà accesso a tutte le funzioni inserite nell'edificio, mentre all'esterno, tramite l'unione di volumi aggiuntivi, Botta asseconda l'andamento topografico del lotto. Vengono sottratte ulteriori porzioni di volume che determinano zone di ampio respiro, in particolare rispetto all'asse di percorrenza longitudinale dell'edificio. In questo caso inoltre, il vuoto centrale viene coperto mediante la giustapposizione di una copertura vetrata a forma di tronco di cono.
Nella chiesa di San Pietro Apostolo a Sartirana (fig.10), il volume elementare di partenza è un cubo che viene allo stesso tempo compenetrato e sottratto con un volume cilindrico a base circolare. Esso è quindi percepibile non solo dall'interno dell'aula della chiesa, ma costituisce altresì parte della facciata. Botta utilizza inoltre un arco di circonferenza per generare un volume di sottrazione alle spalle dell'altare. In copertura, viene sottratto un volume parallelepipedo e viene giustapposto in posizione ribassata una copertura quadrata inscritta, che viene raccordata (*loft*) rispetto al perimetro quadrato dell'edificio.
Nell'hotel Twelve di Shanghai (fig.11), il lotto viene suddiviso in due zone principali: dapprima il cerchio viene trasformato in ellisse tramite omologia, al fine di adattarsi alla forma del rettangolo a disposizione. Tramite l'utilizzo dei rispettivi volumi Botta opera una sottrazione booleana ricavando uno spazio da adibire a giardino interno. La restante parte del lotto viene occupata tramite l'unione di un secondo parallelepipedo più basso, che viene scavato da un volume a base trapezoidale, ottenendo l'ingresso dell'edificio. Viene eseguita un'ulteriore operazione di taglio rispetto agli spigoli opposti dell'edificio, oltre alla giustapposizione di ulteriori volumi in sommità.

Conclusioni

Lo studio e la ricostruzione geometrica tridimensionale semplificata delle architetture di Botta è motivo di indagine nei confronti del suo processo di ideazione e manipolazione della forma, che nei casi studio selezionati parte sempre da un blocco di materia, poi scavato e completato. Il riferimento della nostra ricerca alla forma di base circolare risponde al concetto di figura "autoconclusa" [Botta 2000, p. 31]; il cerchio non può essere esteso oltre i propri limiti, perché sono questi limiti a conferirgli un'identità. Il volume può quindi isolarsi, includere, avviluppare e contenere, assistiamo alla sottrazione di materia che crea una relazione con il contesto, nonostante i limiti tra l'interno e l'esterno rimangano sempre esatti, definiti e ordinati. Inoltre vi è una necessaria correlazione tra l'adozione del cerchio e la funzione, la scala ed il contesto dell'edificio. Come si può

evincere dagli schemi presentati, la figura del cerchio trova la sua massima espressione negli edifici di dimensioni contenute, in cui la compattezza del perimetro non viene scalfita da operazioni che ne trasformano l'essenza, mentre negli edifici con dimensioni maggiori, le esigenze funzionali quali l'illuminazione naturale, implicano operazioni di trasformazione che intaccano maggiormente l'autonomia della forma di partenza.

Fig. 7. Centro Swisscom, Bellinzona, Svizzera - Gruppo B, 1988-1998. Modelli 3D di E. Pupi.

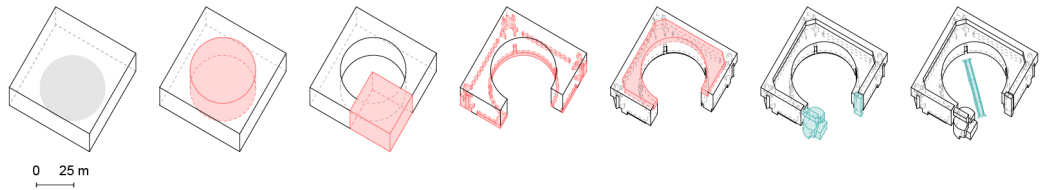



Fig. 8. Mediateca, Villeurbanne, Francia - Gruppo B, 1984-1988. Modelli 3D di E. Pupi.

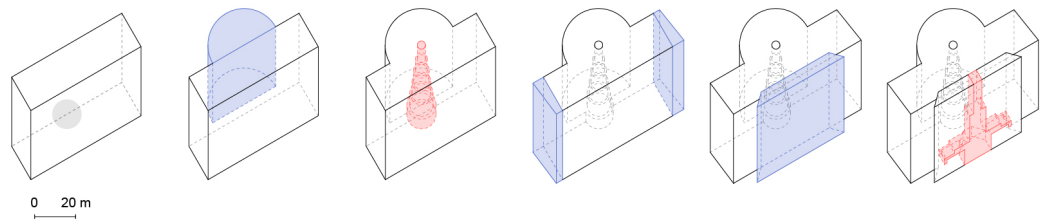



Fig. 9. Museo d'arte moderna e contemporanea, Rovereto, Italia - Gruppo B 1988-2002. Modelli 3D di E. Pupi.

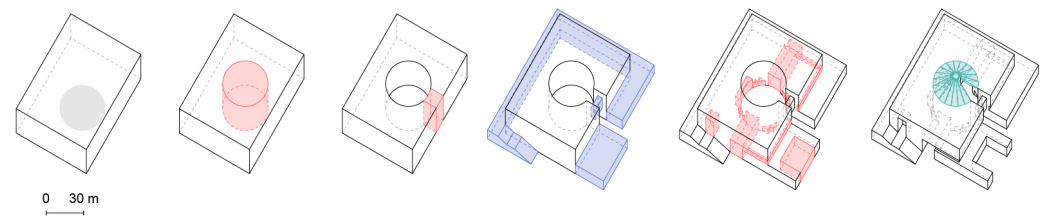



Fig. 10. Chiesa di San Pietro Apostolo, Sartirana, Italia - Gruppo B, 1987-1995. Modelli 3D di E. Pupi.

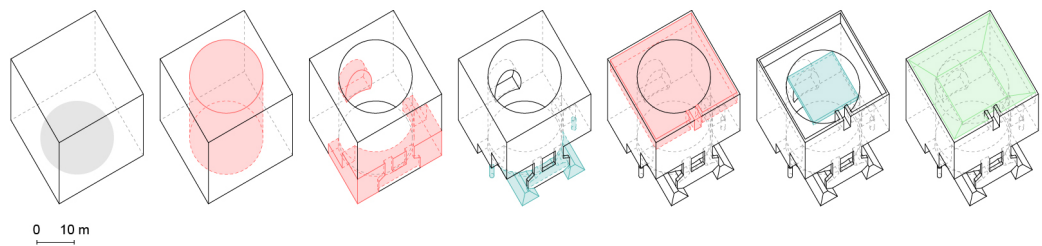
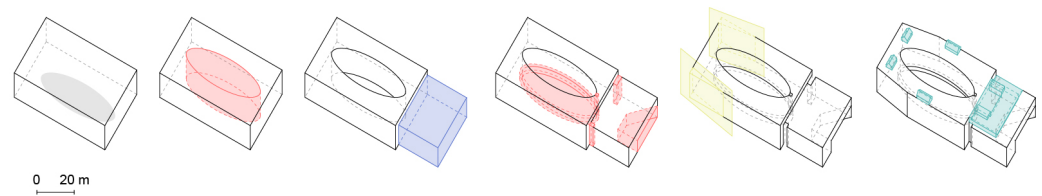



Fig. 11. Hotel Twelve, Shanghai, Repubblica Popolare Cinese - Gruppo B, 2006-2012. Modelli 3D di E. Pupi.

Crediti

Il presente contributo, di cui gli autori hanno condiviso l'impianto metodologico (parr. 1-5), è stato redatto da Francesca Ronco (parr. 2-3) e da Enrico Pupi (par. 4).

Riferimenti bibliografici

Ajmera A. (2020). Role of Geometry on Architecture. In *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, n. 9 (6), pp. 958-963.

Ardizzola P., Palestini C. (2022). Disegno come dialogo fra arte e architettura. Forma e geometria nell'opera di Zvi Hecker. In C. Battini, E. Bistagnino (a cura di). *Dialoghi. Visioni e visualità. Testimoniare Comunicare Sperimentare. Atti del 43° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione*. Genova, 15-17 settembre 2022, pp. 1239-1260. Milano: FrancoAngeli.

Baraldi R., Fiorucci M. (1993). *Mario Botta: architettura e tecnica.* Napoli: CLEAN.

Bellone T., Fiermonte F., Mussio L. (2017). The common evolution of geometry and architecture from a geodetic point of view. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLII-5/W1*, pp. 623-630.

Bellone T., Mussio L., Porporato C. (2019). 3d Structure Analysis: Architecture as an Expression of the Ties between Geometry and Philosophy. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLII-2/W9*, pp. 109-118.

Botta M. (2000). *Poetica dell'architettura*. Milano: Rizzoli.

Botta M. (2003). *Quasi un diario. Frammenti attorno all'architettura*. Firenze: Le lettere.

Càndito C. (2022). Past and Present in the Geometry of Dhaka Parliament by Louis Kahn. In M. A. Ródenas-López, J. Calvo-López, M. Salcedo-Galera (a cura di). *Architectural Graphics*, pp. 267-276. Cham: Springer.

Càndito C., Meloni A. (2022). Geometry and Proportions in Anne Tyng's Architecture. In *Nexus Network Journal*, n. 24, pp. 463-480.

Gregotti V. (1966). *Il territorio dell'architettura*. Milano: Feltrinelli.

Ostwald M.J., Vaughan J., Tucker C. (2008). Characteristic Visual Complexity: Fractal Dimensions in the Architecture of Frank Lloyd Wright and Le Corbusier. In K. Williams (a cura di) *Nexus VII: Architecture and Mathematics*, pp. 217-231. Torino: Kim Williams Books.

Pellandini P. (a cura di). (2010). *Mario Botta. Architetture 1960-2010*. Cinisello Balsamo: Silvana Editoriale.

Psarra S. (1999). *Geometrical Walks in Architectural Space - The Synchronous Order of Geometry and the Sequential Experience of Space*. Tesi di dottorato in Architecture, Building, Environmental Studies and Planning. University College London.

Quaroni L. (1993). *Progettare un edificio, Otto lezioni di architettura.* Roma: Gangemi.

Spallone R., Vitali M., Zich U. (2009). Architetti/Designer, Designer/Architetti: sperimentazioni formali nel territorio dell'ibridazione. In P. Belardi, A. Cirafici, A. di Luggo, E. Dotto, F. Gay, F. Maggio, F. Quici (a cura di). *Ibridazioni. Atti del II seminario di studi Idee per la Rappresentazione*. Venezia, 19 settembre 2008, pp. 274-288. Roma: ARTEGRAFICA PLS s.r.l.

Trevisol R. (1982). *Mario Botta. La casa rotonda.* Como: L'Erba Voglio.

Williams K. (1999) The Well-Rounded Architect: Spheres and Circles in Architectural Design. In R. Sarhangi (a cura di). *Bridges: Mathematical Connections in Art, Music, and Science. Conference Proceedings*. Winfield, Kansas: Southwestern College, 30 luglio-1 agosto 1999, pp. 173-184. Winfield, Kansas: Bridges Conference.

Autori
Francesca Ronco, Politecnico di Torino, francesca.ronco@polito.it
Enrico Pupi, Politecnico di Torino, enrico.pupi@polito.it

Per citare questo capitolo: Ronco Francesca, Pupi Enrico (2023). Dalla pianta al volume: transizioni e trasformazioni geometriche del cerchio nell'architettura di Mario Botta/From Plan to Volume: Transitions and Geometric Transformations of the Circle in Mario Botta's Architecture. In Cannella M., Garozzo A., Morena S. (a cura di). *Transizioni. Atti del 44° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Transitions. Proceedings of the 44th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 1986-2001.

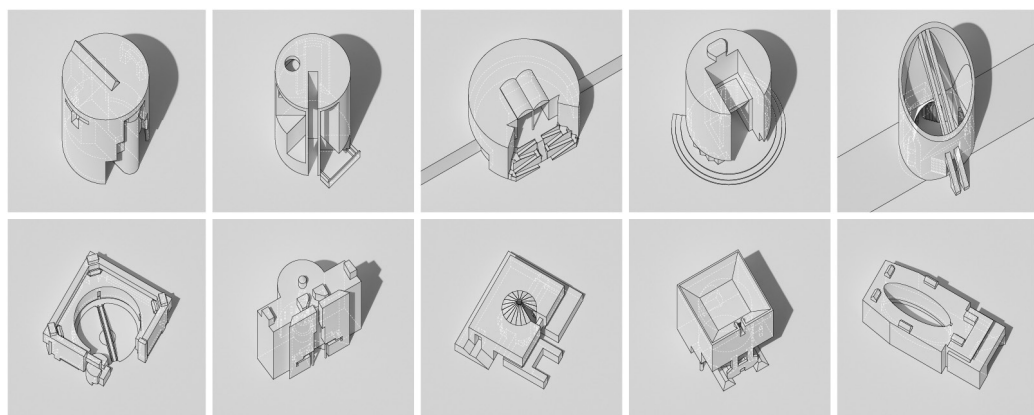
 Isbn 9788835155119

From Plan to Volume: Transitions and Geometric Transformations of the Circle in Mario Botta's Architecture

Francesca Ronco
Enrico Pupi

Abstract

The use of regular figures and elementary solids characterizes the fruitful career of Swiss architect Mario Botta, which includes 93 works built from the 1960s to the present.
The paper analyzes ten works from this significant production, united by the presence of a single main volume and in which the figure of the circle is found as a generating figure of positive volumes (main solids, group A buildings) or negative volumes (subtractive solids, group B buildings). The main objective of the research is to analyze the process of transformation of the form, from its implantation to the operations of subtraction, union, juxtaposition, fitting and cutting that contribute to the final architectural composition. The work includes works with different intended uses (two single-family houses, a residential building, two office buildings, a museum, one media library, two churches, and a hotel) built between the 1980s and the early 2000s.
The redesign and geometric modeling of these architectures made it possible to establish connections between the geometric operations and compositional/functional aspects, among which the interior natural lighting and the relationship with the context stand out.

Keywords
Mario Botta, geometry, geometric analysis, circle, transformation

(a, b, c) Dwellings in Stabio, Losone, Novazzano (CH); (d) Five Continents Centre, Lugano (CH); (e) S. G. Battista Church, Mogno (CH); (f) Swisscom Headquarters, Bellinzona (CH); (g) Mediatheque, Villeurbanne (FR); (h) MART, Rovereto (IT); (i) S. P. Apostolo Church, Sartirana (IT); (l) Hotel Twelve, Shanghai (CN). 3D models by E. Pupi.

doi.org/10.3280/oa-1016-c389

Introduction

Geometry represents a key to the analysis of architectural composition and, in the case of architects like Mario Botta, a natural cue for reading his production based on regular figures, elementary volumes, and axes of symmetry.
This work is part of a larger project of an overall analysis of Botta's architectural production (93 works from 1959 to 2017), focused on identifying generative geometric matrices and the operations applied to them. Specifically, works characterized by the presence of the circle, both the generative basis of the main volume and matrix of the transforming volumes that modify it, are presented here.

Geometry for architecture construction

Several 20th-century masters emphasized the role of geometry in architectural composition and the organization of built space. "Geometry is the tool by which we delimit, cut, specify, and form the space, which is the basic material for architecture. Geometry interests the architect as a basic science for studying and constructing formal structures." [Quaroni 1993, p.19].
Thus, geometry is an indispensable tool for the architect in treating forms that are part of the composition of spaces. Vittorio Gregotti places geometry, in addition to other scientific disciplines, within the design process both as a model for investigating reality and as "preeminent matter to be formed in the things of the world" [Gregotti 1966, p. 61].
Several scholars have proposed research in this field, analyzing the relationship between geometry and architecture from its origins to the present. Ajmera [Ajmera 2020] develops the concept of geometry as language, analyzing its grammar and thus all its elements (point, line, plane, volume, shape) and the rules generating forms (proportions, organization, circulation, form, and space). Other scholars [Bellone et al. 2017, pp. 623-630] have analyzed the different types of geometry (euclidean, projective, and non-euclidean) most commonly used in the field of architectural design, and still others have explored the links between geometry, mathematics, philosophy, and symbolism [Bellone et al. 2019, pp. 109-118], specifically analyzing the figure of the circle [Williams 1999, pp. 173-184], on which this paper is focused.
Relevant references are the studies that research repertoires of two- or three-dimensional forms and the rules that establish their relationships in existing, or even only designed/designed, contemporary architecture. We take as examples the studies on architectures and design objects in the works of Aldo Rossi, Michael Graves, Mario Botta, and Alessandro Mendini [Spallone et al. 2009], those on the architectures of Frank Lloyd Wright and Le Corbusier [Ostwald et al. 2008, pp. 217-231]; on the architectures of Anne Tyng and Luis Khan [Càndito & Meloni 2022, pp. 463-480, Càndito 2022, pp. 267-276]; on Zvi Hecker [Ardizzola & Palestini 2022, pp. 1239-1360]; and first and foremost on the architectures of Le Corbusier and Mario Botta [Psarra 1999], who constitute the primary reference of this analysis.

The analysis method

The use of regular figures and solids assumes an emblematic value in the architectural production of Botta, whose work is aimed at the continuous refinement of a repertoire of simple, elementary forms. A codified heritage of recurring signs characterizes his architecture, of proven archetypes that, although continually transformed and shaped, remain constant and always visible guidelines [Baraldi, Fiorucci 1993, pp. 20-33].
Botta's methodological criterion consists of the geometric transformation of plane figures (the triangle, the circle, the square) through the subtraction of parts, juxtapositions, and unions with other geometric figures. Botta's process is sculptural; he "explores the unknown"

by undermining the stability of the primary volume with a series of transformations that alter the established order [Botta 2000, p. 30].
Based on these assumptions, a study was initiated to identify such geometric figures and operations within his entire architectural output to fully understand the rules underlying the built form.
The working method of the present research consists of drafting an analytical table that allows for an overview and equips oneself with different keys to understanding Botta's architectural production (fig. 1).
In addition to the chronological and dimensional data of the building, the table contains two macro-columns dedicated to the geometric analysis of the artifact: the plane figures and generating solids (column 2) and the transforming/modifying ones and their operations (column 3).

	1_building data						2_generative phase			3_transformative phase						
			timing		metric data											
	work	site	design year	construction year	usable area [sq. m]	volume [cu]	n. of entities	plane figure in plan	solid	function of space	n. of solids	plane figure	solid	boolean operator	transformation operator	cut/section
	LIVING SPACES															
1	Single-family House	Stabio (Switzerland)	1980	1980 - 1981	295	1.400	1	**circle**	cylinder	entrance	1	rectangle	parallelepiped	subtraction	-	-
										staircase	1	union: rectangle +semi-circle	union: parallelepiped +semi-cylinder	union	loft	
										skylight	1	triangle	polyhedron with triangular base	juxtaposition	-	
2	Single-family House	Losone (Switzerland)	1987	1988 - 1989	220	960	1	**circle**	cylinder	terraces and lodges	5	sector of a cricle	portion of cylinder	subtraction	rotation	-
										entrance	1	rectangle	parallelepiped	subtraction	-	
										skylight	1	circle	cylinder	subtraction	-	
										external stairs	1	trapezoid	parallelepiped	juxtaposition		
	COLLECTIVE LIVING SPACES															
3	Home for the elderly	Novazzano (Switzerland)	1992	1995 - 1997	3.271	16.557	1	**circle**	cylinder	entrance	1	sector of circle	portion of cylinder	subtraction	-	-
										pilotis floor	1	portion of ring	portion of cylinder	subtraction	-	-
										common spaces	1	rectangle	parallelepiped	subtraction	-	-
										skylight	2	segment of a circle	portion of cylinder	juxtaposition	-	-
	WORKING SPACES															
4	Five continents center	Lugano (Switzerland)	1986	1989 - 1992	4.300	13.000	1	**circle**	cylinder	square	1	rectangle	parallelepiped	subtraction	-	-
										pilotis floor	1	portion of ring	portion of cylinder	subtraction	-	-
										tecnical space	1	polyline	parallelepiped	union	-	-
										staircase	1	circle	cylinder	juxtaposition	-	-
										corridors	3	rectangle	parallelepiped	juxtaposition	-	-
										roof	1	segment of a circle	straight prism	juxtaposition	axial symmetry	-
5	Swisscom Center	Bellinzona (Switzerland)	1988	1992 - 1998	27.800	125.100	1	square	parallelepiped	courtyard	1	**circle**	cylinder	subtraction	central symmetry	-
										entrance to the courtyard	1	square	parallelepiped	subtraction	radial	-
										terraces	1	square with cut corner	parallelepiped	subtraction	central symmetry	-
										lecture hall, restaurant and cafeteria	1	union of rectangles and sector of circles	union of parallelepipeds and sector of cylinder	juxtaposition	-	-
										stairs	1	rectangle	parallelepiped	juxtaposition	-	-
										access bridge	1	arch	3D arch	juxtaposition	-	-
	LEISURE															
6	Hotel Twelve	Shanghai (PRC)	2006	2008 - 2012	51100	-	1	polyline	parallelepiped	entrance	1	rectangle	parallelepiped	union	-	
										entrance	1	trapezoid	parallelepiped	subtraction	-	-
										inner courtyard	1	**ellipse**	cylinder	subtraction	-	cut
										restaurant	1	rectangle	parallelepiped	juxtaposition	-	-
										private gazebo	4	pentagon	parallelepiped	juxtaposition	-	-
	LIBRARIES															
7	Library in Villeurbanne	Villeurbanne (France)	1984	1985 - 1988	5.400	5.580	1	rectangle	parallelepiped	library	1	semi-circle	semi-cylinder	union	-	-
										shaft of light	1	**circle**	truncated cone	subtraction		
										stairway	2	trapezoid	parallelepiped	union		
										stairway	1	trapezoid	parallelepiped	union		
										window	1	union of rectangles	parallelepiped	subtraction		
	MUSEUMS															
8	MART Museum	Rovereto (Italy)	1988 - 1992	1996 - 2002	29	20.800	1	rectangle	parallelepiped	inner courtyard	1	**circle**	cylinder	subtraction	-	-
										entrance to the courtyard	1	rectangle	parallelogram	subtraction	-	-
										circulation galleries	2	rectangle	parallelogram	union	-	-
										roof of the courtyard	1	circle	truncated cone	juxtaposition	-	-
	SACRED SPACES															
9	San Giovanni Battista Church	Mogno (Switzerland)	1986 - 1992	1990 - 1996	123	1.590	1	**ellypse**	cylinder	main space	1	rectangle	parallelepiped with rectangular plan	subtraction	loft	cutting plane at 45° to obtain a **circle**
										entrance and apse	1	square	parallelepiped with square base	subtraction		
										niche	2	intersected circles	2 intersected cylinders	subtraction		
										apse	1	rectangle	parallelepiped	union		
										rampant arch	1	arch	3D arch	juxtaposition	-	-
10	Church San Pietro Apostolo	Sartirana (Italy)	1987 - 1992	1992 - 1995	620	9.800	1	square	cube	hall	1	circle	cylinder	subtraction/ interpenetration	-	-
										entrance	1	rectangle	parallelepiped	subtraction	-	-
										stairs	2	trapezoid	parallelepiped	juxtaposition	-	-
										pilotis	2	circle	cylinder	juxtaposition	-	-
										roof	1	square	parallelepiped	juxtaposition	loft	-

Fig. 1. Comparative table of buildings generated or transformed by the circle. Elaboration by F. Ronco.

It is interesting to note how the figure of the circle, or ellipse (understood as its homological transformation) appears in buildings with different functions and can be identified in the generating phase, thus as the basis of the primary extrusion solid (group A buildings) or in the transforming/modifying phase, thus as the basis of the transforming solid (group B buildings). Botta argues that the first act of making architecture is not to put a stone on stone but to put a stone on earth [Botta 2003, pp. 77-80]. The design of the plan is thus a central moment of the composition, it defines the volume; the section and elevation are "necessary consequences" [Trevisol 1982, p. 98].
The monograph *Mario Botta. Architectures 1960-2010* [Pellandini 2010], which collects works from the architect's entire career up to 2010, contains a section devoted to the figure of the circle in the history of architecture and in his architectural production. The author, Andrea Cappellato, starts with the definition of the circle from a mathematical point of view, that is, "as that part of a plane delimited by a closed curved line called the circumference, understood as the geometric locus of points in a plane equidistant from a fixed point called the center," that is, as a polygon with an infinite number of sides [Pellandini 2010, pp. 148-158].
The "round" form is undoubtedly linked to many schematic, symbolic, and volumetric components within Botta's designs. He argues that "the circular shape is a powerful and easily readable form; geometrically speaking, it is the only one with the smallest perimeter that encloses the largest possible surface area" [Pellandini 2010, p. 148].

Case studies: modeling and interpretation

For clarity of treatment, the research focused on buildings consisting of a single initial volume, representative of Botta's *modus operandi* and characterized by different operations. The following were identified: subtraction operations (red), boolean unions (blue), juxtapositions (light blue), junctions (green), and cuts (yellow), representing a progressive morphological refinement of the architecture.
In continuity with Botta's drawings, all diagrams have been worked out in monometric axonometry, a choice that allows for indeformed floor plans and makes explicit the figure of the circle.
All the buildings falling under group A are characterized by the circle, or its homological transformation (ellipse), as the generative figure of the cylindrical volume.
In the case of the single-family house in Stabio (fig. 2), the circle, used to cancel the facade, subtends the cylindrical volume that gives autonomy to the building and allows it to isolate itself from the context [Pellandini 2010, p. 153]. Several volumes are subtracted from the cylinder along its lateral surface. The volume of the stairwell, composed of the union of a rectangle and a circle, is added and connected with the circular perimeter of the roof. Here, in correspondence with the subtraction made to allow the entry of zenithal light, a triangular prism is juxtaposed with the function of a skylight. The architect performs similar operations in the single-family house in Losone (fig. 3). The subtracted volumes are derived mainly from the extrusion of circle sectors that generate a series of sloping interior terraces. A parallelepiped and a cylinder are, in turn, subtracted from the main cylinder to form, respectively, a light cut at the entrance and a skylight in the roof. Finally, a flight of stairs is juxtaposed to connect the access to the building with the external terrain.
On larger-scale buildings, such as the rest house in Novazzano (fig. 4) and the five-continents center in Lugano (fig. 5), the volume subtractions decrease in number, but become more important in terms of the full-to-empty ratio. In both cases, Botta makes an initial subtraction to make the city enter the building, establishing a dialogue relationship and not closure, as with single-family houses [Pellandini 2010, p. 154].
In Novazzano, this volume is a cylinder sector, while in Lugano, it is a parallelepiped. On the other hand, the other subtractions are those that enshrine the relationship between the volume and the land, characterized in both cases by portions of a cylinder

with a rim base. Finally, one can note the juxtaposition of connecting volumes between the primary volume and the surrounding land and covering the central court.
In the church of San Giovanni Battista in Mogno (fig. 6), Botta sets the main volume on an elliptical base that can be read as a homological transformation of the circle. Here, too, the transformative process of the primary solid begins with the subtraction of a parallelepiped and continues with a series of minor subtractions that go on to define the entrances to the main space, the niches, and the apse, obtained by joining a parallelepiped hypogeous volume. The inner rectangular perimeter, obtained from the first subtraction, is joined to the elliptical summit perimeter using a joining (loft) operation. The volume undergoes another characterizing transformation, consisting of cutting with a plane inclined at 45° to obtain a circle in the roof. The juxtaposition of a rampant arch between the ground and the roof completes the compositional arrangement.

Fig. 2. Single-family house, Stabio, Svizzera - Group A, 1980-1981. 3D models by E. Pupi.

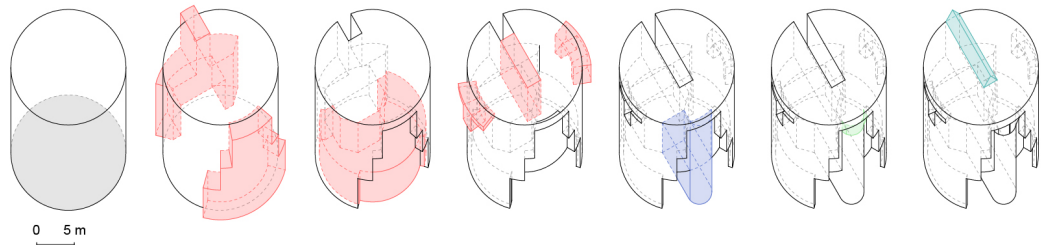



Fig. 3. Single-family house, Losone, Svizzera - Group A, 1987-1989. 3D models by E. Pupi.

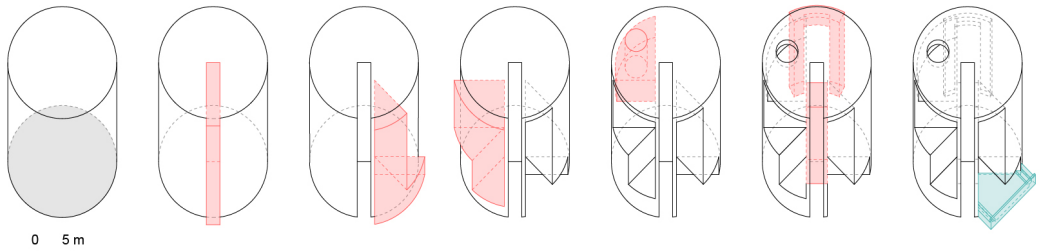



Fig. 4. Rest home, Novazzano, Svizzera - Group A, 1992-1997. 3D models by E. Pupi.

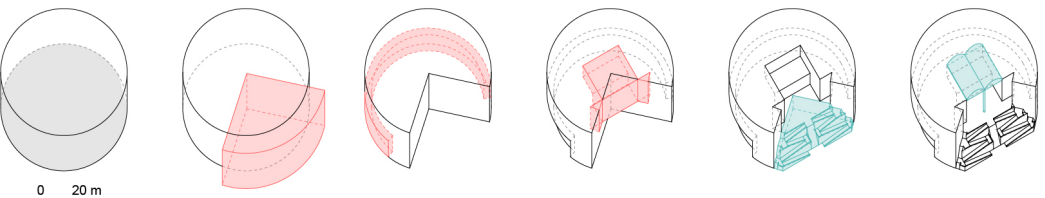



Fig. 5. Five Continents Center, Lugano, Svizzera - Group A, 1986-1992. 3D models by E. Pupi.

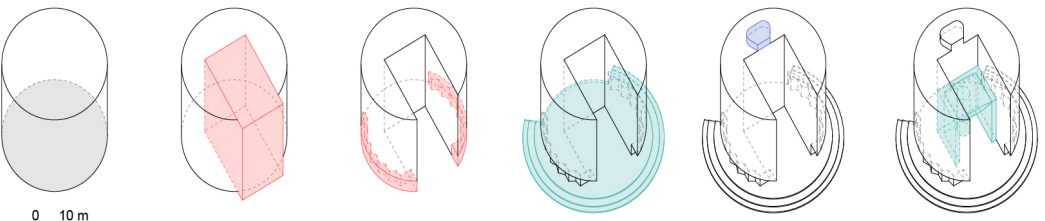
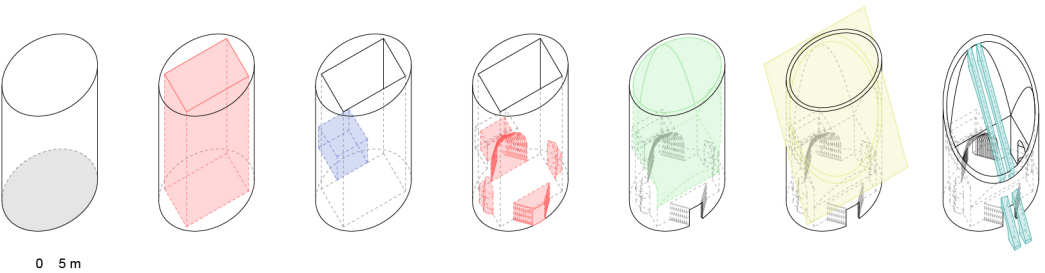



Fig. 6. San Giovanni Battista Church, Mogno, Svizzera - Group A, 1986-1896. 3D models by E. Pupi.

The other use of the circle figure (group B) is the generative use of volumes operating on an elementary solid, volumes that can become negative when it comes to subtraction operations or positive when there is a union or juxtaposition.
In the case of the Swisscom Center in Bellinzona (fig. 7), Botta operates on the parallelepiped volume with a cylinder, defining inside it a large circular plaza made accessible by an additional operation of opening towards the city. Boolean subtraction operations are instrumental in defining the curvilinear interior profile of the central void and refining the corner solutions adopted. The architect also juxtaposes a volume intended for public functions near the entrance sleeve and an arched access bridge diagonally.
In the media library in Villeurbanne (fig. 8), the circle is halved in the base of the cylindrical volume joined to the starting parallelepiped containing the library rooms, and complete, as the base of the concentric negative cylindrical volumes, whose diameter decreases as the elevation increases. The additional joining operations are designed to include the necessary spaces within the building to accommodate vertical connections in the vicinity of the neighboring pre-existences and on the main front of the building.
In the Museum of Modern and Contemporary Art in Rovereto (fig. 9), the architect uses the circle to carve out a big cylindrical void within the parallelepiped through Boolean subtraction, which gives access to all the functions included in the building. At the same time, on the outside, through the joining of additional volumes, Botta goes along with the topographical pattern of the lot. Additional portions of volume are subtracted, resulting in areas of ample space, particularly concerning the longitudinal axis of the building. Moreover, in this case, the central void is covered by the juxtaposition of a glass roof in the shape of a truncated cone.
In the church of San Pietro Apostolo in Sartirana (fig.10), the starting elementary volume is a cube simultaneously interpenetrated and subtracted with a cylindrical volume with a circular base. It is thus perceptible not only from inside the church hall but also constitutes part of the facade. Botta uses a circumferential arc to generate a subtraction volume behind the altar. In the roof, a parallelepiped volume is subtracted, and an inscribed square roof is juxtaposed in a lowered position, which is connected (lofted) to the square perimeter of the building.
In Shanghai's Hotel Twelve (fig.11), the plot is divided into two main zones: first, the circle is transformed into an ellipse by homology to fit the shape of the rectangle through the use of the respective volumes. Botta performs a Boolean subtraction by obtaining a space for an indoor garden. The remaining part of the plot is occupied through the union of a second, lower parallelepiped, excavated from a volume with a trapezoidal base, obtaining the entrance to the building. An additional cutting operation is performed for the opposite corners of the building and the juxtaposition of additional volumes at the top.

Conclusions

The study and simplified three-dimensional geometric reconstruction of Botta's architectures is cause for investigation towards his process of devising and manipulating form, which in the selected case studies always starts from a block of matter, then excavated and completed. Our research's reference to the basic circular form responds to the concept of the "self-contained" figure [Botta 2000, p. 31]; the circle cannot be extended beyond its limits because these limits give it an identity. The volume can thus isolate, include, envelop, and contain; we witness the subtraction of matter that creates a relationship with the context, although the limits between the inside and the outside always remain exact, defined, and ordered. Furthermore, there is a necessary correlation between the adoption of the circle and the building's function, scale, and context. As can be seen from the diagrams presented, the figure of the circle finds its maximum expression in buildings of limited size, in which the compactness of the perimeter is not affected by operations that transform its essence. In contrast, in buildings with larger dimensions, functional needs, such as natural lighting, imply transformation operations that affect the autonomy of the starting form.

Fig. 7. Swisscom Center, Bellinzona, Svizzera - Group B, 1988-1998. 3D models by E. Pupi.

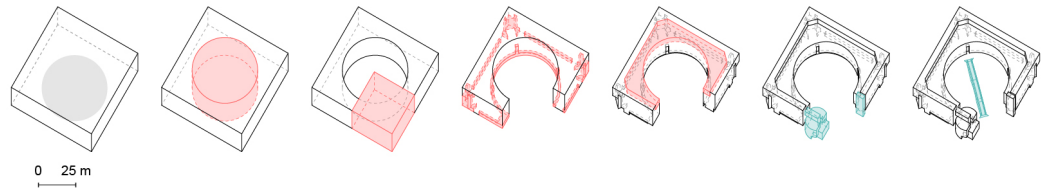



Fig. 8. Mediatheque, Villeurbanne, Francia - Group B, 1984-1988. 3D models by E. Pupi.

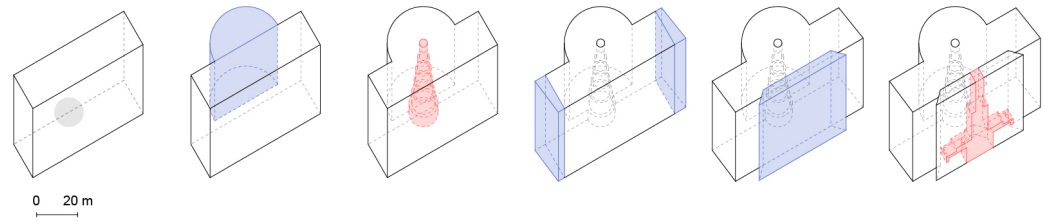



Fig. 9. Museum of modern and contemporary art, Rovereto, Italia - Group B 1988-2002. 3D models by E. Pupi.

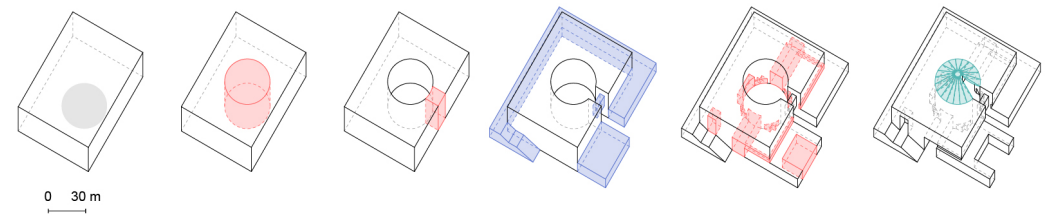



Fig. 10. Church of San Pietro Apostolo, Sartirana, Italia - Group B, 1987-1995. 3D models by E. Pupi.

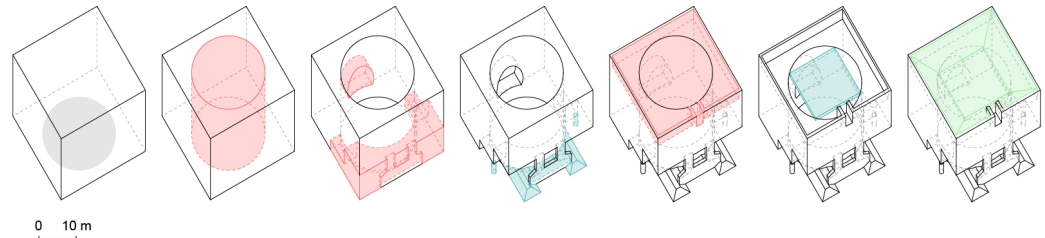
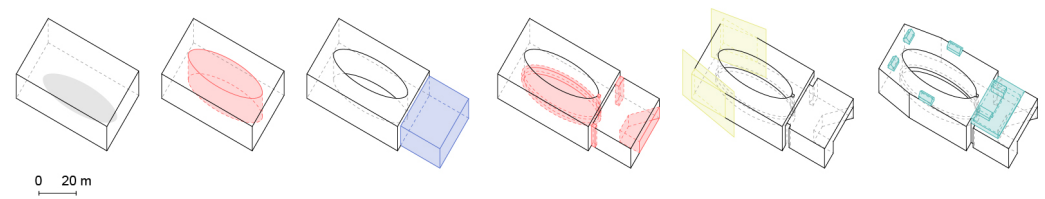



Fig. 11. Hotel Twelve, Shanghai, People's Republic of China - Group B, 2006-2012. 3D models by E. Pupi.

Credits

This paper, whose authors shared the methodological framework (pars. 1-5), was written by Francesca Ronco (pars. 2-3) and Enrico Pupi (par. 4).

References

Ajmera A. (2020). Role of Geometry on Architecture. In *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT),* n. 9 (6), pp. 958-963.

Ardizzola P., Palestini C. (2022). Disegno come dialogo fra arte e architettura. Forma e geometria nell'opera di Zvi Hecker. In C. Battini, E. Bistagnino (Eds.). *Dialogues, visions and visuality. Proceedings of the 43rd International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Genoa, 15-17 September 2022, pp. 1239-1260. Milan: FrancoAngeli.

Baraldi R., Fiorucci M. (1993). *Mario Botta: architettura e tecnica*. Naples: CLEAN.

Bellone T., Fiermonte F., Mussio L. (2017). The common evolution of geometry and architecture from a geodetic point of view. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-5/W1, pp. 623-630.

Bellone T., Mussio L., Porporato C. (2019). 3d Structure Analysis: Architecture as an Expression of the Ties between Geometry and Philosophy. In *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, No 42(2), pp. 109-118.

Botta M. (2000). *Poetica dell'architettura*. Milan: Rizzoli.

Botta M. (2003). *Quasi un diario. Frammenti attorno all'architettura*. Florence: Le lettere

Càndito C. (2022). Past and Present in the Geometry of Dhaka Parliament by Louis Kahn. In M. A. Ródenas-López, J. Calvo-López, M. Salcedo-Galera (Eds.) *Architectural Graphics*, pp. 267-276. Cham: Springer.

Càndito C., Meloni A. (2022). Geometry and Proportions in Anne Tyng's Architecture. In *Nexus Network Journal*, No. 24, pp. 463-480.

Gregotti V. (1966). *Il territorio dell'architettura*. Milan: Feltrinelli.

Ostwald M.J., Vaughan J., Tucker C. (2008). Characteristic Visual Complexity: Fractal Dimensions in the Architecture of Frank Lloyd Wright and Le Corbusier. In K. Williams (Eds.) *Nexus VII: Architecture and Mathematics*, pp. 217-231. Turin: Kim Williams Books.

Pellandini P. (ed.) (2010). *Mario Botta. Architetture 1960-2010.* Cinisello Balsamo: Silvana Editoriale.

Psarra S. (1999). *Geometrical Walks in Architectural Space - The Synchronous Order of Geometry and the Sequential Experience of Space*. PhD thesis in Architecture, Building, Environmental Studies and Planning. University College London.

Quaroni L. (1993). *Progettare un edificio, Otto lezioni di architettura.* Rome: Gangemi.

Spallone R., Vitali M., Zich U. (2009). Architetti/Designer, Designer/Architetti: sperimentazioni formali nel territorio dell'ibridazione. In P. Belardi, A. Cirafici, A. di Luggo, E. Dotto, F. Gay, F. Maggio, F. Quici (Eds.). *Ibridazioni. Proceedings of the 2nd Seminar Idee per la Rappresentazione*, Venice, 19 September 2008, pp. 274-288. Rome: ARTEGRAFICA PLS s.r.l.

Trevisol R. (1982). *Mario Botta. La casa rotonda.* Como: L'Erba Voglio.

Williams K. (1999) The Well-Rounded Architect: Spheres and Circles in Architectural Design. In R. Sarhangi (a cura di). *Bridges: Mathematical Connections in Art, Music, and Science. Conference Proceedings*. Winfield, Kansas: Southwestern College, July 30-August 1 1999, pp. 173-184. Winfield, Kansas: Bridges Conference.

Authors
Francesca Ronco, Politecnico di Torino, francesca.ronco@polito.it
Enrico Pupi, Politecnico di Torino, enrico.pupi@polito.it

To cite this chapter: Ronco Francesca, Pupi Enrico (2023). Dalla pianta al volume: transizioni e trasformazioni geometriche del cerchio nell'architettura di Mario Botta/From Plan to Volume: Transitions and Geometric Transformations of the Circle in Mario Botta's Architectures. In Cannella M., Garozzo A., Morena S. (eds.). *Transizioni. Atti del 44° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Transitions. Proceedings of the 44th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 1986-2001.

Isbn 9788835155119